

СЕВЕРО-ЮЖНАЯ АСИММЕТРИЯ КОРОНАЛЬНЫХ ДЫР И СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН В ПЕРИОД 2013–2015 гг.

Андреева О.А., Абраменко В.И., Малащук В.М.

Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Крым, Россия

NORTH-SOUTH ASYMMETRY OF CORONAL HOLES AND SUNSPOTS IN THE PERIOD 2013–2015

Andreeva O.A., Abramenko V.I., Malaschuk V.M.

Crimean Astrophysical Observatory of RAS, Nauchny, Crimea, Russia

From March 2013 to December 2015 a significant predominance of the number of sunspots (Sp) in the southern hemisphere was observed. The main goal of this work was to find out the behavior from coronal holes (CH) during this period. The study is based on an analysis of data recorded by the Atmospheric Imaging Assembly (AIA), channel 19.3 nm, on board the Solar Dynamic Observatory (SDO). Using the Spatia Possibilistic Clustering Algorithm (SPoCA) CH detection method, time series of daily total CH areas for the northern (N) and southern (S) hemispheres of the Sun are obtained. Comparison of the obtained variations in the areas of CH with the numbers and areas of sunspots revealed that in the S hemisphere, activity both in spots and in the total area of CH is quasi-simultaneous. In this case, an increase in the area of CH by about six months is preceded by an increase in spot activity. The assumption is made that CH and Sp are related elements of the total magnetic activity of the Sun. The dipole poloidal fields, in the form of open CH fields, and the toroidal field, in the form of active regions, depend on each other. The dependence manifests itself in the same north-south asymmetry and quasi-synchronous behavior of the Sp and CH in the southern (dominant) hemisphere during the second maximum of the 24th cycle.

DOI: 10.31725/0552-5829-2019-18-21

Северо-южная (N-S) асимметрия является некоторой фундаментальной характеристикой солнечной активности сама по себе и также свидетельствует о различии других характеристик активности в двух полушариях в ходе 11-летнего и векового циклов активности. Обзоры работ по исследованию N-S асимметрии содержатся в статьях [1] и др. В данной работе мы исследовали особенности поведения корональных дыр в период максимальной асимметрии 24 цикла (2013–2015 годы), определенной по показателю пятенной активности. Для обнаружения СН мы использовали метод, основанный на нечеткой кластеризации значений интенсивности – SPoCA, подробно описанный в [2, 3]. Сравнивая вариации площадей СН, полученных этим методом с вариациями таких солнечных характеристик как числа и площади солнечных пятен, нам удалось выявить в указанном временном интервале доминанту активности по СН в S- полусфере. В тот же период, ранее была выявлена другими авторами, и нами здесь подтверждена доминанта по числу и площадям пятен. Возрастание пятенной ак-

тивности в S-полушарии предвещает возрастание суммарной площади СН в том же полушарии примерно, на 0.5 года. Наш результат относится не только к большим полярным СН, но и к низкоширотным изолированным корональным дырам.

Данные наблюдений и методы исследования

Наше исследование базируется на данных наблюдений, полученных инструментом Atmospheric Imaging Assembly (AIA) в линии железа (Fe XII 19.3 нм) на борту космического аппарата Solar Dynamics Observatory (SDO) с марта 2013 по декабрь 2015гг. Мы также использовали базы Гелиофизических событий (Heliophysics Event Knowledge base – HEK) http://www.lmsal.com/hek/hek_isolsearch.html для локализации СН и определения их площадей.

Различные характеристики солнечной активности, проанализированные в нашем исследовании, были загружены с веб-сайтов: <http://sidc.oma.be/silso/monthlyhemisphericplot> – северная и южная компоненты 13-месячного сглаженного числа солнечных пятен за последние пять циклов по данным станции Uccle (Королевская обсерватория Бельгии) до 1991 года и сети номеров WDC-Sunspot с января 1992 года. <http://sidc.oma.be/silso/datafiles#hemi> – ежедневные суммарные числа S_p для северной и южной полусфер (рис. 1a,b) https://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch/daily_area.txt – ежедневные суммарные площади S_p (в единицах миллионных долей полусферы (μHem)) для N и S полусфер (рис. 1e,f). В процессе исследования нами обработано 1036 дней наблюдений (период 1.03.2013–31.12.2015). Было проанализировано всего 5960 СН, из них 399 СН пересекали экватор. Зарегистрировано в N-полусфере 3040 СН, в S-полусфере 2920 СН. Полярные СН наблюдались в N-полусфере 503 дня, в S-полусфере 664 дня.

В нашей работе мы воспользовались вышеуказанной базой Гелиофизических событий – HEK [4], для получения информации из архива AIA и доступа к каталогам СН. Инструментом для извлечения СН и получения их характеристик послужил алгоритм SPoCA. Он представляет собой набор процедур сегментации, который позволяет выделить из EUV-изображений в области сходной интенсивности активные области (AR), СН и спокойное солнце. Это позволило нам создать массивы площадей СН для N и S полусфер (рис. 1c,d). Далее были сопоставлены результаты расчетов и проведен анализ данных. Рис. 1d иллюстрирует, проявление доминанты по площади СН в южном полушарии в интервале (2014–2015.5) г. До 2014 года и после середины 2015 года площади, занимаемые СН, преобладали в северном полушарии, однако их максимальные амплитуды были меньше, чем в период (2014–2015.5) в S-полушарии. Т.е., пик активности по СН во второй фазе максимума 24 цикла пришелся на 2015-й год в S-полусфере. На графиках также просматривается цикличность длительностью примерно в 1.5

года по доминированию СН в N- и S- полусферах. В период (2013–2014.25) более активна N- полусфера, а в период (2014.25–2015.75) возрастает активность в S- полусфере, после чего доминирование активности опять смещается в N-полусферу.

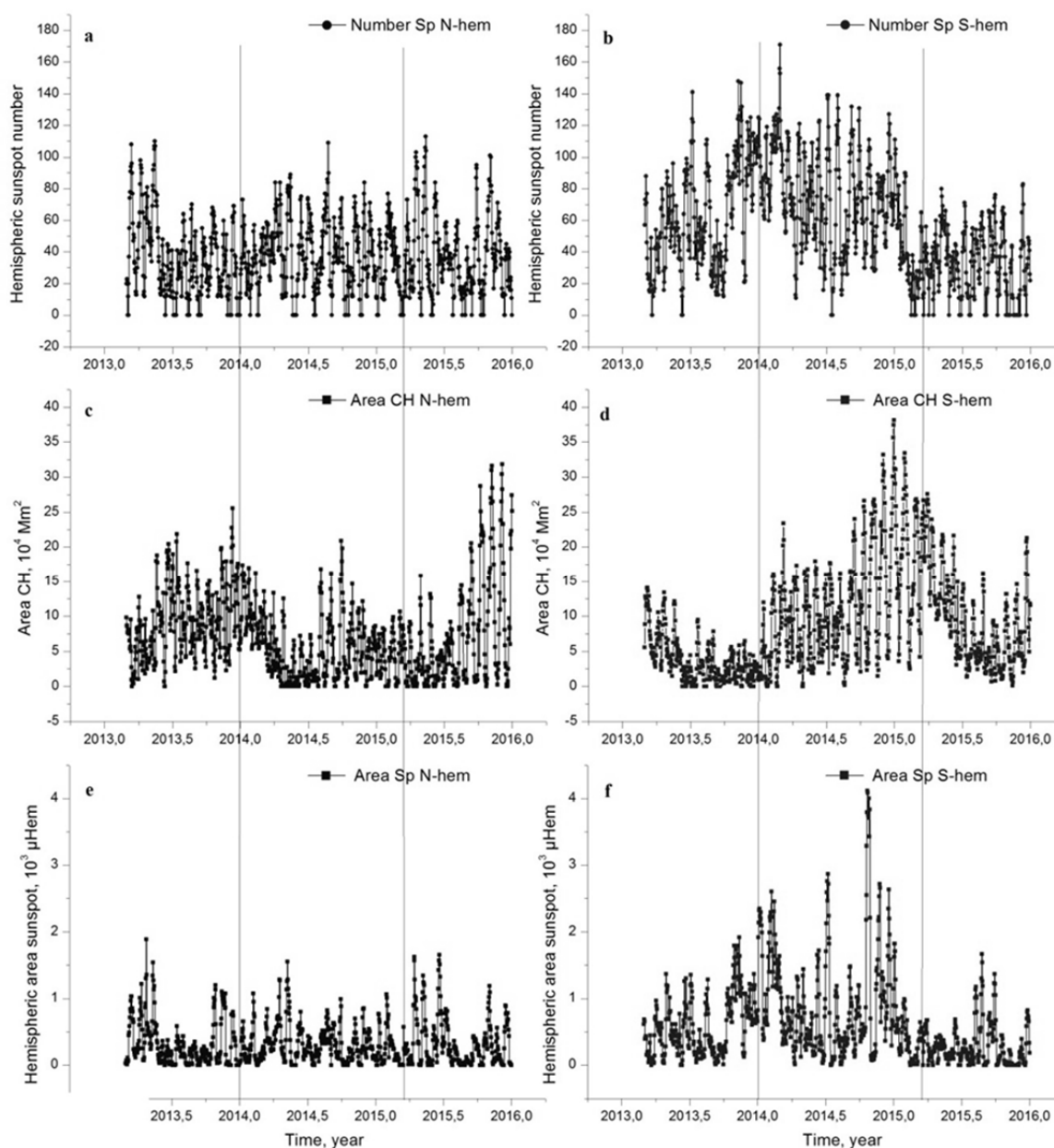


Рис. 1. Вариации ежедневных суммарных площадей корональных дыр (c,d), чисел (a,b) и площадей (e,f) солнечных пятен.

Сравнение вариаций площадей СН с характеристиками солнечной активности

Мы сравнили вариации площадей СН, полученных по методу SPoCA (рис. 1 средняя панель) с вариациями чисел (верхняя) и общей площади (нижняя) солнечных пятен. На рис. 1а видно, что число Sp в N-полусфере меняется квази-равномерно и хаотично. При этом не наблюдается никакой

корреляции с изменениями площади СН (рис. 1с). При сравнении левых панелей (N-полушарие) с правыми (S-полушарие) становится очевидной более высокая активность S-полушария как по количеству и площадям пятен (рис. 1b,f), так и по площадям СН (рис. 1d). Просматривается интервал (2014–2015.20), когда на диске Солнца в S-полусфере одновременно наблюдается самый высокий уровень как пятенной активности (рис. 1b,f), так и подъем, и максимум суммарной площади СН (рис. 1d). При этом сопоставление рисунков b и d дает основание предположить, что максимум числа S_p примерно на 0.5 года опережает максимум суммарной площади СН. N-полусфера при этом показывает низкий уровень активности как по пятнам (по числу и площадям рис. 1a, e), так и по СН (рис. 1c).

Выводы и обсуждение

В период второго максимума 24 цикла в южном полушарии Солнца имело место квази-одновременное преобладание активности как по пятнам (по числу пятен и площадям), так и по общей площади, занятой корональными дырами. По нашему мнению, это говорит о том, что корональные дыры и пятна – это элементы общей магнитной активности. Эти структуры ведут себя связанным образом на временных масштабах, на порядок меньших, чем солнечный цикл. Дипольное полоидальное поле, в виде открытых полей СН, и тороидальное поле, в виде активных областей, зависят друг от друга. Наше предположение согласуется с выводами сделанными авторами в работе [5].

Идея асимметрии - важная составляющая теории динамо. В классическом подходе, когда речь идет об асимметрии говорят, о количестве пятен, их площади и т.д., но не о корональных дырах. Наш результат показывает, что асимметрия – это более глубокое явление, которое проявляется даже на таких крупных структурах, как открытые магнитные поля, и проявляется она не через 11 лет, а в режиме реального времени, по ходу цикла.

Полученный нами результат требует дальнейшего исследования такого рода асимметрии в других циклах, на более длительных промежутках времени, раздельного исследования полярных и низкоширотных СН для того, чтобы получить больше информации для теории динамо.

SDO является проектом программы NASA Living With a Star. Данные SDO/AIA были предоставлены центром Joint Science Operation Centre (JSOC). Авторы выражают благодарность команде проекта Heliophysics Event Knowledgebase (НЕК) за возможность доступа к базам данных СН.

Литература

1. Badalyan, O. G., Obridko, V. N., Sykora, J. // Sol. Phys., 2008, V. 247, P. 379.
2. Verbeeck C., et al. // Sol. Phys., 2011, V. 67, P. 283.
3. Verbeeck C., et al. // A&A, 2014, A29, P. 561.
4. D. Müller, et al. // Computing in Science and Engineering, 2009, V. 11, No. 5, P. 38.
5. Obridko V.N., Shelting B.D. // Astronomy Reports, 2013, V. 57, No. 10, P. 848.